

<<ՀԱՍՏԱՏՈՒՄ ԵՄ>>

Հայ-Ռուսական համալսարանի

Գիտության գծով պրոռեկտոր, փիլ. գ. դ., ֆ-մ. գ. թ., պրոֆ.

Պ. Ս. Ավետիսյան

03 հուլիսի 2025թ.

ԱՄԱՋԱՏԱՐ ՎԵՐԱԿԵՐՊՈՒԹՅԱՆ

ԿԵՆՏՐԱԼ



Դավիթ Վարդանի Ռևազյանի « Ինտեգրալ սխեմաների ֆիզիկական նախագծման բազմապարամետրական ավտոմատացված միջոցների մշակումը» թեմայով Ե.13.02 - «Ավտոմատացման համակարգեր» մասնագիտությամբ տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության վերաբերյալ:

Ատենախոսության թեմայի արդիականությունը

Ինտեգրալ սխեմաների (ԻՍ) ժամանակակից ենթամիկրոնային տեխնոլոգիաները բնութագրվում են տարրերի խտության անշեղ աճով և ֆունկցոնալ բարդության ու բազմազանության մեծացմամբ: Դա հանգեցնում է նախագծման ընթացքում հաշվի առնվող ֆիզիկական էֆեկտների քանակի էական աճին՝ ջերմային երևույթներ, մակաբույծ ունակություններ և ինդուկտիվություններ, էլեկտրամիգրացիա, կրիտիկական ժամանակային ուշացումներ և այլն: Միաժամանակ, խստացվում են էներգասպառման, օգտագործված մակերեսի, նախագծման ժամկետների, ինչպես նաև տեխնոլոգիական նորմերի և նախագծման կանոնների (DRC) հետ համատեղելիության պահանջները:

Էլեկտրոնային նախագծման ավտոմատացման ոլորտի առաջատար ընկերությունների փորձի վերլուծությունը (Սինոփսիս, Քեյդենս, Սիմենս-Մենթոր գրաֆիկ), ինչպես նաև գիտատեխնիկական գրականության ուսումնասիրությունը վկայում են, որ ԻՍ-երի ֆիզիկական նախագծման ավանդական մեթոդները հիմնականում

ուղղված են մեկ կամ երկու առանցքային պարամետրերի հաշվի առնելուն, որոնք առավելագույնս հաշվի են առնում տվյալ ֆիզիկական նախագծին ներկայացվող պահանջները, իսկ մյուս չափանիշները հանդես են գալիս սահմանափակումների տեսքով: Այս դեպքում հաճախ հաշվի չեն առնվում այլ կարևոր ասպեկտները (ջերմային ռեժիմ, ազդանշանների ուղացումներ, էլեկտրամագնիսական համատեղելիություն և այլն): Միևնույն ժամանակ, պարամետրերի փոխկապակցվածությունը (ուղացում-ջերմային ռեժիմ-էներգասպառում-հուսալիություն և այլն) մեծանում է տեխնոլոգիական յուրաքանչյուր նոր սերնդի հետ, իսկ նախագծման և շուկա մտնելու խիստ ժամկետները պահանջում են ավտոմատացված նախագծման միջոցների անընդհատ կատարելագործում:

Այսպիսի մոտեցումը մեծ բարդության ենթամիկրոնային ԻՄ-երում հանգեցնում է նախագծման բազմակրկնակի ընթացակարգերի քանակի ավելացմանը, ինչը զգալիորեն մեծացնում է նախագծման ժամանակը և ծրագրային գործիքների բարդությունը:

Խնդրի էական բարդացումը և լուծումների որակի նկատմամբ բարձրացված պահանջները արդիականացնում են ԻՄ-երի ֆիզիկական նախագծման բազմապարամետրային մեթոդների և գործիքների ստեղծման խնդրի լուծման այնպիսի մեթոդների մշակումը, որոնք թույլ կտան գտնել խելամիտ փոխզիջում տարբեր չափանիշների միջև: Բացի այդ, խնդրի լուծման ժամկետների խստացման տեսանկյունից, առաջանում է բաշխված (կամ գուգահեռ) լուծումների անհրաժեշտություն, քանի որ դասական տեղաբաշխման և ծրագծման ալգորիթմները խնդիրների բարդության անշեղ աճի պայմաններում այլևս չեն կարող ողջամիտ ժամանակահատվածում հաշվի առնել բոլոր պահանջները:

Այսպիսով, ԻՄ-երի ֆիզիկական նախագծման ոլորտում բազմապարամետրային ավտոմատացված միջոցների մշակումը, որոնք թույլ կտան միաժամանակ հաշվի առնել մի քանի պարամետրեր (միացման գծերի երկարություն, էներգասպառում, ջերմային էֆեկտներ և այլն), կարևոր գիտատեխնիկական խնդիր է և ունի խիստ գործնական նշանակություն: Դա հնարավորություն է տալիս՝ կրճատելու նախագծման համար պահանջվող ժամանակն ու ծախսերը, բարելավել տեղաբաշխման, ծրագծման և DRC

ստուգման փուլերը, դրանով իսկ բարձրացնելով ստացված նախագծերի վերջնական որակը:

Ատենախոսության բովանդակության և ավարտվածության
գնահատականը, արդյունքների և եզրակացությունների
հավաստիությունը և ձևավորումը

Ատենախոսությունը գրված է հայերեն լեզվով: Այն բաղկացած է ներածությունից, 4 գլխից, եզրահանգումից, 99 անուն գրականության ցանկից և 4 հավելվածից: Հիմնական տեքստը կազմում է 142 էջ, իսկ հավելվածների հետ միասին՝ 152 էջ, որում ընդգրկված են 45 նկար և 12 աղյուսակ:

Ներածությունում հիմնավորված է ատենախոսության թեմայի արդիականությունը, ձևակերպված են հետազոտության նպատակները և հիմնական խնդիրները, ներկայացված են օգտագործված մեթոդները, գիտական նորույթը, աշխատանքի գործնական նշանակությունը:

Առաջին գլխում համակարգված վերլուծություն է տրվել ԻՄ-երի ֆիզիկական նախագծման ժամանակակից մարտահրավերներին և խնդիրներին: Սահմանվել են օպտիմալացման հիմնական չափանիշները և սահմանափակումները, ներառյալ միջմիացումների երկարությունը, մակաբույծ էֆեկտները, ջերմային ռեժիմը, էներգասպառումը և նախագծման կանոնների (DRC) պահպանումը: Կատարվել է տեղաբաշխման խնդրի լուծման դասական մեթոդների քննադատական վերլուծություն: Բացահայտվել են դրանց սահմանափակումները բազմապարամետրական խնդիրների լուծման ժամանակ: Ներկայացվել է խնդրի մաթեմատիկական ձևակերպումը քառակուսային նշանակման խնդրի տեսքով և հիմնավորվել է բազմապարամետրական մոտեցման անհրաժեշտությունը:

Երկրորդ գլխում ներկայացված են բազմապարամետրական մոտեցման տեսական հիմնավորումն ու մաթեմատիկական ապարատը: Մանրամասն դիտարկվել է տեղաբաշխման խնդրի ձևակերպումը քառակուսային նշանակման խնդրի (QAP) շրջանակներում: Առաջարկվել են էվրիստիկ մեթոդներ և բազմապարամետրական

միավորման մեթոդ, որոնք թույլ են տալիս բոլոր չափանիշները միավորել մեկ սկալյար չափանիշի մեջ: Առաջարկվել է DRC-ի ինտեգրումը տեղաբաշխման գործընթացում, տուգանային համակարգի միջոցով: Ինչպես նաև առաջարկվել է մասնագիտացված ենթապոպուլյացիաների մեխանիզմը բազմապարամետրական էվոլյուցիոն խնդրի համար:

Երրորդ գլուխում ներկայացված է մշակված ենթահամակարգի մոդուլային ճարտարապետությունը և դրա ալգորիթմական իրականացումը: Մանրամասն նկարագրվել է գենետիկական ալգորիթմի հատուկ իրականացումը ԻՄ-երի տարրերի տեղաբաշխման համար, որը ներառում է սխեմայի մատրիցային ներկայացման անցումը Verilog նկարագրությունից, դիսկրետ կոմուտացիոն դաշտի օգտագործումը և բնական թվերով կոդավորումը: Մշակվել է բազմապարամետրական ֆիթնես-ֆունկցիա, որը հաշվի է առնում մի քանի հիմնական չափանիշ՝ միջմիացումների երկարություն, ջերմային բաշխում, DRC համապատասխանություն, էներգասպառում և մակաբույծ էֆեկտներ: Բոլոր մասնակի չափանիշները բերվում են անչափ $[0,1]$ միջակայքի: Տուգանային համակարգի իրականացման համար մշակվել է պոստֆիլտրացիայի մոտեցում:

Չորրորդ գլուխում մանրամասն ներկայացվել է MPGA (Multi-Parameter Genetic Algorithm) ծրագրային միջոցի մշակումը և դրա գործառական հնարավորությունները: Ծրագիրը կազմված է երկու հիմնական բաղադրիչից՝ բարձր արդյունավետությամբ հաշվարկային միջուկ C++ լեզվով և ինտուիտիվ գրաֆիկական ինտերֆեյս Python լեզվով: Այս բաժանումը հնարավորություն է տվել ապահովել հաշվարկների արդյունավետությունը և միաժամանակ պարզ օգտագործման ինտերֆեյս: Ծրագրային միջոցի կազմում են՝ նախագծերի կառավարման համակարգ, սկզբնական տվյալների և օպտիմալացման պարամետրերի կարգավորման պանել, տեղաբաշխման գործընթացի վերահսկման գործիքներ և արդյունքների վիզուալիզացիայի պատուհան: Ինտերֆեյսում ցուցադրվում են ինչպես սկզբնական սխեման, այնպես էլ օպտիմալացված տեղաբաշխումը, ինչպես նաև լրացուցիչ տեղեկություններ՝ ջերմային դաշտի բաշխումը, միջմիացումների քարտեզագրումը, միացման գծերի երկարության, խտության ցուցանիշները և հայտնաբերված DRC խախտումները: Կատարվել է տարբեր բարդության

թեստային սխեմաների (ISCAS 85, ISCAS 89, ITC99 շարքերից) վրա համապարփակ փորձարկումներ: Փորձարկումների արդյունքները ցույց են տվել 36-72% ֆիթնեսի բարելավում՝ կախված սխեմայի բարդությունից:

Հավելվածներում ներկայացված են՝ ատենախոսության ներդրման ակտը, «MPGA» ծրագրային միջոցի շրջանակներում իրականացված դասերի և իրենց մեթոդների կառուցվածքից հատվածները և փորձարարական հետազոտության որոշ պատկերավոր արդյունքները, նկարների և աղյուսակների ցանկերը:

Եզրակացությունների հավաստիությունը հիմնավորված է մշակված մեթոդների մաթեմատիկական հիմնավորմամբ, ալգորիթմների տեսական վերլուծությամբ և լայնածավալ փորձարկումների արդյունքներով տարբեր բարդության թեստային սխեմաների վրա:

Ատենախոսությունը ներկայացնում է ավարտուն գիտական աշխատանք, որը շարադրված է տրամաբանված և հասկանալի: Գրաֆիկական նյութերը համապատասխանում են տեքստին և լրացնում են շարադրանքը:

Սեղմագիրը համապատասխանում է ատենախոսության հիմնական դրույթներին:

Ատենախոսության հիմնական արդյունքներն արտացոլված են հեղինակի կողմից հրատարակված գիտական աշխատանքներում:

Հետազոտությունների և ստացված արդյունքների նորույթը

Ստացվել են հետևյալ արդյունքները, որոնք առանձնանում են գիտական նորույթով.

1. Մշակվել է ԻՄ-երի տարրերի բազմապարամետրական տեղաբաշխման համալիր մոտեցում՝ հիմնված էվոլյուցիոն ալգորիթմների վրա, որը հնարավորություն է տալիս տեղաբաշխման վաղ փուլերում միաժամանակ հաշվի առնել մի քանի չափանիշներ:
2. Նախաձեռնվել և իրականացվել է մասնագիտացված ենթապոպուլյացիաների մեխանիզմ գենետիկական ալգորիթմի համար, որտեղ յուրաքանչյուր ենթապոպուլյացիա հաշվի է առնում 1-3 առանցքային պարամետր: Սա թույլ է տվել

արդյունավետ գուգահեռականացնել տեղաբաշխման գործընթացը և ապա միավորել տեղային օպտիմալ լուծումները գլոբալ լուծման շրջանակներում:

3. Ուսումնասիրվել է DRC-կանոնների անմիջական ինտեգրման հնարավորությունը գենետիկական ալգորիթմի հարմարվողականության ֆունկցիայում տուգանային համակարգի ներդրման միջոցով: Առաջարկված մոտեցումը պարզեցնում է հետագա լեգալացման խնդիրը և կրճատում DRC-խախտումների թիվը նախագծման վաղ փուլում:
4. Ցույց է տրվել, որ բաշխված հաշվարկային միջավայրի օգտագործումը մշակված բազմապոպուլյացիոն մեխանիզմում թույլ է տալիս էականորեն արագացնել հաշվարկային գործընթացը և բարելավել տեղաբաշխման վերջնական որակը:
5. Առաջարկվել է օրթոգոնալ տոպոլոգիական տվյալների մշակման արդյունավետ մեթոդ՝ հիմնված քառածառերի և միասնական տվյալների կառուցվածքի օգտագործման վրա, որն ապահովում է երկրաչափական նախագծման կանոնների արագ ստուգում:

Աշխատանքի գործնական արժեքը: Ատենախոսությունում առաջարկված ալգորիթմական լուծումները և ծրագրային մոդուլները կարող են ինտեգրվել գոյություն ունեցող ավտոմատացված նախագծման համակարգերում (ԱՆՀ)¹՝ բարձրացնելու ԻՍ-ի բաղադրիչների տեղաբաշխման փուլի որակը: Մշակված MPGA ծրագրային համակարգը ներառում է բարձր արդյունավետությամբ հաշվարկային ծրագիր և հարմարավետ գրաֆիկական ինտերֆեյս:

Առաջարկված բաշխված օպտիմալացման մեթոդները կիրառելի են նաև այլ խնդիրներում, ներառյալ ամպային միջավայրներ և հաշվարկային կլաստերներ: Տուգանային մեխանիզմի ներդրումը պարզեցնում է լեգալացման գործընթացը և նվազեցնում նախագծման կանոնների խախտման ռիսկը:

Ստեղծված գործիքները կարող են օգտագործվել ինչպես տեղաբաշխման ինքնուրույն միջոցների տեսքով, այնպես էլ ինտեգրվել գոյություն ունեցող ԱՆՀ-երում՝ որպես տարրերի տեղաբաշխման ենթահամակարգ:

Աշխատանքի վերաբերյալ նկատված թերությունները

1. Աշխատանքում բավարար չափով չի քննարկվել մշակված մեթոդների համեմատությունը առկա կոմերցիոն ԱՆՀ-ների հետ կոնկրետ ցուցանիշների կտրվածքով:
2. Կարիք է զգացվում լրացուցիչ պարզաբանման, թե ինչպես է աշխատում բաշխված համակարգը սահմանափակ ռեսուրսների պայմաններում:
3. Աշխատանքում առկա են որոշ ուղղագրական և լեզվական վրիպակներ:

Նշված թերությունները չեն նվազեցնում ատենախոսության գիտական արժեքը: Հեղինակի կողմից հրատարակված 8 գիտական աշխատանքները, ներառյալ Scopus բազայում ընդգրկված 3 հրապարակումները, ինչպես նաև ստացված գիտագործնական արդյունքները լիովին արտացոլում են ատենախոսության թեմայի արդիականությունը և կատարված աշխատանքների գիտական ու գործնական նշանակությունը:

Եզրակացություն

Այսպիսով, ընդհանրացնելով կատարված աշխատանքի վերաբերյալ ներկայացված գնահատականները՝ արդիականությունը, գիտա-գործնական նորույթը, ստացված արդյունքների կարևորությունը, Դ.Վ. Ռևազյանի «Ինտեգրալ սխեմաների ֆիզիկական նախագծման բազմապարամետրական ավտոմատացված միջոցների մշակումը» թեմայով Ե.13.02 - «Ավտոմատացման համակարգեր» մասնագիտությամբ ատենախոսությունը գնահատվում է որպես ինքնուրույն կատարված, ավարտուն և ԲՈԿ-ի կողմից թեկնածուական ատենախոսություններին ներկայացվող պահանջներին բավարարող աշխատանք, իսկ նրա հեղինակն արժանի է նշված մասնագիտությամբ տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի շնորհմանը:

Կարծիքը կազմված է Հայ-Ռուսական համալսարանի «Հեռահաղորդակցության» բազային ամբիոնի նիստում՝ ատենախոսության և սեղմագրի քննարկման արդյունքների հիման վրա (արձանագրություն թ.10, 02.07.2025թ.):

Նիստին ներկա էին՝ «Հեռահաղորդակցության» բազային ամբիոնի վարիչի ժ.պ. տ.գ.թ.,
 դոցենտ Է.Ռ. Միվոլենկոն, Ինժեներաֆիզիկական ինստիտուտի տնօրեն, տ.գ.թ., դոց. Ա.Կ
 Ահարոնյան, տ.գ.դ., պրոֆ. Վ.Հ. Ավետիսյանը, տ.գ.դ., պրոֆ. Մ.Վ. Մարկոսյանը, տ.գ.դ.,
 պրոֆ. Հ.Ա. Գումջյանը, ֆ-մ.գ.թ., պրոֆ. Հ.Վ. Բաղդասարյանը, տ.գ.թ., դոց. Ա.Վ. Դարյանը,
 տ.գ.թ., ավագ դաս. Ս.Գ. Էյրամջյանը, դաս. Ա.Հ. Մակարյանը, տ.գ.թ., դաս. Բ.Ա.
 Հովհաննիսյանը, դաս. Ա.Լ. Սմբարյանը, ավագ դաս. Ա.Ա. Զանգինյանը:

Հայ-Ռուսական համալսարանի

«Հեռահաղորդակցության» բազային ամբիոնի

վարիչի ժ.պ., տ.գ.թ., դոցենտ՝



/Է.Ռ. Միվոլենկո/

տ.գ.թ., դոցենտ Է.Ռ. Միվոլենկոյի

ստորագրությունը հաստատվել է

ՀՌՀ գիտ.քարտուղար, Բ.Գ.Թ. դոցենտ



/Ռ.Ս. Կասաբաբովա/